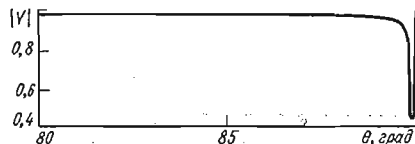


Так как распространение волны вида (7) эквивалентно движению границы с некоторой нормальной скоростью [2], то, вычисляя нормальную составляющую скорости и учитывая определение проводимости Y , по формуле (4) находим коэффициент отражения:

$$V = \frac{\cos \theta - \varepsilon \frac{\xi_1 - i\xi_2}{\xi_1^2 + \xi_2^2} \frac{\omega}{c}}{\cos \theta + \frac{\xi_1 - i\xi_2}{\xi_1^2 + \xi_2^2} \frac{\omega}{c}} \quad (8)$$

При малых углах падения коэффициент отражения близок к плюс единице, так как величины $\frac{\varepsilon \xi_1 \omega}{(\xi_1^2 + \xi_2^2) c}$, $\frac{\varepsilon \xi_2 \omega}{(\xi_1^2 + \xi_2^2) c}$ малы по сравнению с

единицей. При $\theta \rightarrow \frac{\pi}{2}$ коэффициент отражения стремится к минус единице. Переход от $V = +1$ к $V = -1$ происходит при углах падения близких к $\frac{\pi}{2}$.



На рисунке приведена зависимость модуля коэффициента отражения $|V|$ от угла падения при $\omega = 10^{11}$ гц, $\varepsilon = 0,03$, $c = 1457$ м/сек, $a = 0,13 \times 10^{-8}$ м²/сек. Результаты вычислений для различных частот показали, что модуль коэффициента отражения незначительно отличается от $|V|$ при $\xi_1 = \xi_2 = \sqrt{\frac{\omega}{2a}}$. В последнем случае нетрудно установить, что при $\theta_1 = \frac{\pi}{2} - \varepsilon \frac{V a \omega}{c}$ достигается минимум коэффициента отражения. Угол θ_1 очень близок к $\frac{\pi}{2}$, так при $\omega = 10^{11}$ гц он отличается от $\frac{\pi}{2}$ приблизительно на $50''$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. М., «Наука», 1973.
2. Исакович М. А. Общая акустика. М., «Наука», 1973.
3. Физическая акустика. Под ред. У. Мэзона. Ч. А. Т. 1. М., «Мир», 1966.
4. Швец Р. Н., Лопатев А. А. Распространение плоских волн в теплопроводящей слоистой среде жидкость — твердое тело. — Математические методы и физико-механические поля, вып. 1, 1975, с. 131—135.
5. Chadwick P., Sneddon J. N. Plane Waves in an Elastic Solid Conducting Heat. — J. Mech. Phys. Sol., 1958, 6, N 3.

Львовский филиал математической физики Института математики АН УССР

Поступила в редколлегию 3.X 1974 г.

УДК 699. 539. 319

М. И. Мойса

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА, ОБРАБОТАННОГО ЛУЧОМ ЛАЗЕРА

Обработка поверхности металлов лучом лазера позволяет получить хорошее сочетание твердости поверхностного слоя с износостойкостью и устойчивостью против коррозии в кислой среде [1, 2, 5]. Одновременно лазерная обработка обуславливает остаточные напряжения, величина и характер распределения которых существенно влияют на прочностные свойства обработанных поверхностей. Изучение структуры и физико-механических свойств оплавленной лазерным излучением части металла было предметом исследова-

дований многих работ, и в частности работ [3, 6]. Ниже приводятся результаты исследований остаточных напряжений, обусловленных последовательным многократным импульсным оплавлением лучом лазера поверхности закаленных и низкоотпущенных образцов на глубину 0,4 мм, измеренную

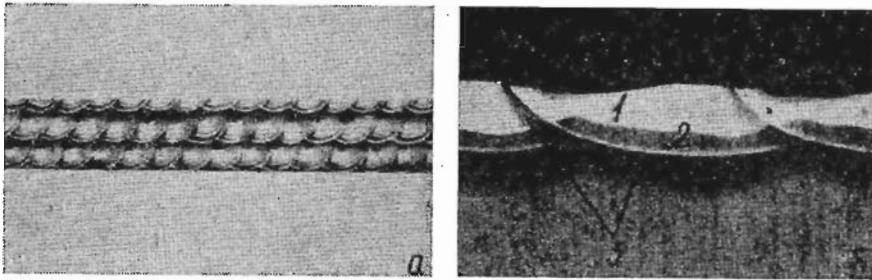


Рис. 1

по вершине оплавленного сегмента, и 0,2 мм в месте пересечения отдельных сегментов, представляющих собой область воздействия лазерного излучения.

Эксперименты проводились на образцах из стали 45 и 40X в виде пластины размером 4 × 6 × 60 мм. Режим работы лазера такой, как в работе [5] (длительность импульса 7 мсек, энергия 140 Дж, $q = 2 \cdot 10^5 \text{ ват/см}^2$).

Внешний вид образцов из стали 45 показан на рис. 1, а, а разрез по глубине — на рис. 1, б. На рис. 1, б цифрами 1, 2, 3 обозначены зоны закалки из расплава, термического влияния и отпуска соответственно.

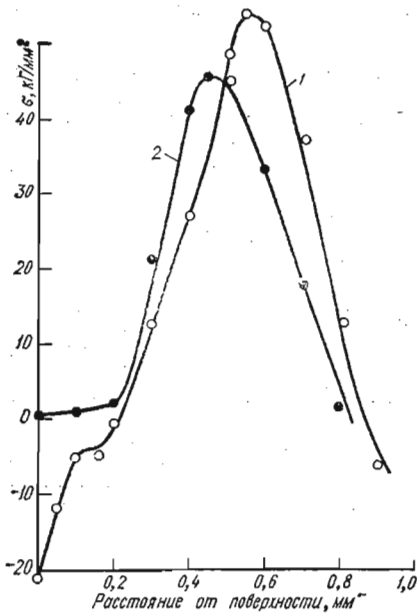


Рис. 2

остаточных напряжений сжатия на глубину около 0,2 мм, а в последующих слоях напряжений растяжения — на глубину около 0,6 мм. Максимальная величина напряжений находится на глубине приблизительно 0,55 мм от поверхности образца.

Распределение остаточных напряжений в образцах из стали 40X имеет несколько отличный характер. Поверхностный слой оплавленного металла находится в слаборастянутом состоянии ($\sigma \approx 1,5 \text{ кг/мм}^2$). С увеличением расстояния от поверхности напряжения растяжения увеличиваются и достигают наибольшей величины на глубине около 0,45 мм. В обоих случаях остаточные напряжения меняют свой знак на глубине около 0,8 мм.

Исходя из полученных результатов, предполагаем, что механизм образования остаточных напряжений может быть следующим. После окончания воздействия лазерного излучения расплавленный металл охлаждается и сокращается в объеме. Этому сокращению препятствуют внутренние слои, еще сохраняющие высокую температуру. В наружном слое возникнут растягивающие напряжения, под влиянием которых слой претерпевает пластическую деформацию. При температуре 600—500° С металл становится малоэластичным, предел текучести резко возрастает и становится возможной только упругая деформация, которая сопровождается ростом растягивающих напряжений. При температуре охлаждения 250—200° С начинаются фазовые превращения с образованием мартенсита. Это превращение сопровождается увеличением объема и вызывает частичное или полное снижение остаточных напряжений растяжения.

Под зоной расплавленного металла за счет отвода тепла возникает зона термического влияния. Вследствие очень малого времени нагрева и охлаждения (до температуры значительно превышающей A_{c3}) происходит повторная, по-видимому, неполная закалка с мартенсито-трооститным превращением и, следовательно, уменьшением объема и возникновением растягивающих напряжений. Между отдельными областями воздействия луча лазера при повторном оплавлении, а также между основным металлом и зоной термического влияния происходит высокий отпуск мартенсита, нагретого до температуры A_{c1} , и, как следствие, уменьшение объема и возникновение остаточных напряжений растяжения, которые достигают, как видно из графиков, наибольших значений.

Из проведенных исследований видно, что подбором химического состава металла и его исходного состояния, параметров лазерной обработки можно получить на деталях упрочненный слой толщины, изменяющейся в широких пределах, и необходимое напряженное состояние обрабатываемой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И. Б. Остаточные напряжения. М., Машгиз, 1963.
2. Голубец В. М., Мойса М. И., Бабей Ю. И., Пляцко Г. В. Влияние лазерной обработки на изнашивание деталей в абразивно-масляной среде. — ФХММ, 1972, № 4.
3. Жировецкий В. М., Мойса М. И., Пляцко Г. В., Турченко Н. П. Некоторые особенности изменения свойств сплавов после обработки лучом лазера. — ФХММ, 1972, № 1.
4. Карпенко Г. В., Бабей Ю. И., Карпенко И. В., Гутман Э. М. Упрочнение стали механической обработкой. К., «Наук. думка», 1966.
5. Мойса М. И. Коррозионная стойкость стали 40Х после лазерной обработки. — ФХММ, 1974, № 1.
6. Пляцко Г. В., Мойса М. И., Жировецкий В. М. О некоторых особенностях взаимодействия луча лазера с металлами. — ФХММ, 1971, № 3.

Львовский филиал математической физики Института математики АН УССР

Поступила в редколлегию 3.Х 1974 г.

УДК 539. 3

Б. Л. Пелех, Г. С. Крук

ОБ ОДНОЙ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УПРУГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

В цилиндрическую оболочку длины $2l$, края которой зашпелены, помещен жесткий соосный цилиндр. Расстояние между внешней поверхностью цилиндра и внутренней поверхностью оболочки равно δ . Оболочка находится под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q (рис. 1). Предполагаем отсутствие трения в области контакта и плотное прилегание оболочки к цилиндру. Задача заключается в определении зависимости размера области контакта от интенсивности внешней нагрузки q .